

**ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE MOVIMIENTO
MECÁNICO**

Presentado por:

DANIEL ARISTIZÁBAL ARIAS

1.088.300.559

ANDRES FELIPE MARÍN ECHAVARRÍA

1.088.296.968

INFORME DE PROYECTO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGIAS

TECNOLOGIA MECATRÓNICA

PEREIRA

2014

**ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE MOVIMIENTO
MECÁNICO**

Presentado por:

DANIEL ARISTIZÁBAL ARIAS

1.088.300.559

ANDRÉS FELIPE MARÍN ECHAVARRÍA

1.088.296.968

INFORME DE PROYECTO

Director:

HENRY WILLIAM PEÑUELA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGIAS

TECNOLOGIA MECATRÓNICA

PEREIRA

2014

CONTENIDO

Capítulo 1: Breve introducción y análisis del tema

- 1.1 Resumen-----pag 4
- 1.2 Introducción y explicación del sistema-----pag 4-5

Capítulo 2: Investigación de todo lo necesario para el almacenamiento de electricidad y sobre acoples mecánicos

- 2.1 Investigación de generadores eléctricos-----pag 7
- 2.2 Acumulador eléctrico-----pag 7

Capítulo 3: Selección del acople a utilizar

- 3.1 Búsqueda del generador eléctrico y acople mecánico---pag 9-14

Capítulo 4: Selección y diseño de los circuitos electrónicos

- 4.1 Selección de circuitos a utilizar-----pag 16
- 4.2 Etapas de selección y regulación de la energía eléctrica generada-----pag 16
 - 4.2.1 Generación-----pag 16
 - 4.2.2 Regulación de la energía eléctrica-----pag 17-22
 - 4.2.3 Carga de la batería-----pag 23
 - 4.2.4 Inversión del tipo de energía eléctrica-----pag 23-27
 - 4.2.5 Alimentación dispositivos de baja potencia---pag 27

Capítulo 5: Montaje, pruebas y ajustes

- 5.1 Montajes y pruebas-----pag 29
 - 5.1.1 Simulación del conversor cc/cc en Proteus----pag 29
 - 5.1.2 Simulación del inversor cc/ca “push pull” en

Proteus-----	pag 29-31
5.2 Montaje experimental de los circuitos-----	pag 31
5.2.1 Circuito conversor cc/cc reductor	
“montaje experimental”-----	pag 31-35
5.2.2 Circuito inversor “push pull”	
“montaje experimental”-----	pag 35-38
5.3 Consumo del sistema-----	pag 38
5.3.1 Consumo de carga en la batería-----	pag 38-39
5.3.2 Consumo de carga en el circuito inversor----	pag 39-41
5.4 Circuitos impresos-----	pag 41-43
5.5 Montaje en la bicicleta estática-----	pag 43-44
5.6 Ajustes finales-----	pag 44
5.7 Presupuesto-----	pag 45-46
Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones	
6.1 Conclusiones-----	pag 48
6.2 Recomendaciones-----	pag 49
Bibliografía. -----	pag 50

CAPÍTULO 1:
INTRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DEL TEMA

1.1 RESUMEN

Este proyecto es un sistema de generación de energía eléctrica por medio de movimiento mecánico, generada por medio del movimiento rotacional que genera una bicicleta estática gracias al esfuerzo generado por un usuario. En este informe se presenta todo el proceso del diseño, simulación y elaboración de este proyecto. Detalladamente se explica el funcionamiento desde el generador hasta los circuitos necesarios para asegurar el funcionamiento óptimo y la alimentación de dispositivos de bajo consumo (celulares, computadores portátiles y lámparas), se muestra también el gran valor que puede tomar la utilización de un sistema de energía auto sostenible en cualquier domicilio.

1.2 INTRODUCCIÓN Y ANALISIS DEL SISTEMA

Conociendo la situación ambiental actual, el agotamiento de los combustibles fósiles (los cuales proveen la energía de casi todos los sistemas de automoción y gran parte de generación eléctrica, de la gran demanda de electricidad que tenemos en todo el planeta y la crisis energética que se ha vivido los últimos años, lo cual ha generado preocupación en cada uno de los países y algunos de ellos ya están tomando medidas en el asunto. Las energías renovables se han vuelto una gran alternativa para este daño tan grande que ha sufrido nuestro planeta gracias a los gases del efecto invernadero (generado por la combustión de los combustibles fósiles), con las cuales se puede mitigar un poco ese irreversible daño.

En este proyecto de grado se plantea un sistema de energía renovable a una pequeña escala, el cual a pesar de no generar gran ayuda a la conservación del ecosistema en nuestro país ya que la gran parte de generación es por medio de hidroeléctricas, si tiene validez ,si lo vemos como un pequeño respaldo de energía eléctrica en caso faltar por cualquier motivo.

Se ha diseñado un sistema de generación de energía eléctrica autosustentable y que el medio de su generación es el esfuerzo propio de un usuario, ya que para poder producir dicha energía se necesita hacer ejercicio en una bicicleta estática con este sistema instalado.

El funcionamiento de los sistemas está dividido en varias etapas:

1. Generación: Se realiza una transformación de energía mecánica a energía eléctrica por medio de un generador eléctrico acoplado a la volante de la bicicleta estática.
2. Conversión de electricidad: Se construye un convertidor de corriente continua a corriente continua con el cual se busca controlar el voltaje que recibe la etapa de almacenamiento de energía eléctrica.
3. Almacenamiento de energía eléctrica: Se usa una batería de plomo-acido la cual tiene un voltaje de 12V y es la encargada de recibir la carga del generador y de suplir de corriente a la siguiente etapa del sistema.
4. Inversión de electricidad: Se construye un conversor de corriente continua a corriente alterna con el cual se busca invertir esa corriente de la batería que es continua a una corriente alterna para que se puede conectar cualquier dispositivos como si lo conectáramos a un toma corriente de nuestra casa.
5. Elevación de electricidad: En esta etapa se eleva el voltaje de 12 voltios que genera la batería pero ya invertidos a corriente alterna, se eleva a 120 voltios aproximadamente, ya que este es el valor que podemos encontrar en cualquier toma corriente. Así se puede asegurar el funcionamiento de cualquier dispositivo eléctrico, de bajo consumo.

Ya teniendo este sistema en funcionamiento podemos alimentar la carga de un celular los cuales tienen la necesidad de ser cargados todos los días, los computadores portátiles, teléfonos inalámbricos, etc. y así generar un ahorro de consumo eléctrico, lo que se convierte también en ahorro monetario.

Realizando este sistema en un gimnasio, implementándolo a las bicicletas de spinning se puede generar energía suficiente para alimentar todo el sitio, al realizar una clase con alrededor de 20 bicicletas se pueden generar 3Kw por sesión y haciendo 4 clases diarias por todo un mes se generan aproximadamente 300Kw de potencia los cuales son suficientes para iluminar una casa mediana por al menos 6 meses ¹. Además de eso no se estaría consumiendo la energía que viene de las centrales eléctricas lo cual genera un ahorro en pago de facturas de la empresa de energía.

También puede aclararse que este sistema no solo está ligado a implementarlo en una bicicleta estática, este puede implementarse en otros sistemas que también generen un movimiento rotacional y que se pueda acoplar el generador eléctrico. Aparte de esto los circuitos reguladores tiene el mismo principio de funcionamiento de los que se usan en las energías renovables de gran escala como son los paneles solares. Por lo tanto se quiere hacer hincapié de que este proyecto no solo es la implementación de un generador y un circuito regulador sino el diseño de un sistema de energía auto sustentable, con el cual podemos mitigar en cierta medida la crisis energética y un poco el daño generado por los combustibles fósiles.

1. <http://www.hogarismo.es/2012/08/27/the-green-revolution-bicicletas-generadoras-energia/1>

CAPÍTULO 2:

**INVESTIGACIÓN DE TODO LO NECESARIO PARA EL
ALMACENAMIENTO Y GENERACION DE ELECTRICIDAD**

2.1 INVESTIGACIÓN DE GENERADORES ELÉCTRICOS

Se ha buscado muchos tipos de generador los cuales podían servir para este tipo de proyecto, que tuvieran las dimensiones, especificaciones eléctricas necesarias, para que todo funcionara de manera óptima. Se indago en la mayoría de las tiendas eléctricas y electrónicas de la ciudad de Pereira y por internet, teniendo en cuenta también el presupuesto.

Se pudo evidenciar de que no cualquier maquina rotativa puede funcionar ya que así tenga las especificaciones eléctricas no debe ser un dispositivo que haga peligroso ni incómodo para el usuario el uso de la bicicleta, se le llama incómodo a un dispositivo rotativo que con su acople haga demasiado dura la tracción de la bicicleta o un generador que disminuya el espacio para pedalear. Es por esta razón que se usaron los generadores que se explicaran en el capítulo siguiente.

2.2 ACUMULADOR ELÉCTRICO

Para la acumulación de energía no fue necesario realizar muchos estudios ya que la mejor opción es una batería y para este caso una batería de motocicleta, una batería de una potencia no muy alta ya que este tipo de baterías no exigen mucha corriente para poder cargarlas (según las hojas de especificaciones es aproximadamente 10% de su capacidad en amperios). La mejor opción fue una batería de 12V con 6 amperios/hora de autonomía (suficiente para alimentar los dispositivos de baja potencia que se plantea energizar).

CAPITULO 3:
SELECCIÓN DE GENERADOR ELÉCTRICO Y ACOPLE
MECÁNICO.

3.1 BUSQUEDA DEL GENERADOR ELÉCTRICO Y ACOPLE MECÁNICO

Para la escogencia del generador que se usa en el proyecto se pasó por varios procesos y estudio de lo que podía encontrarse en el mercado además del presupuesto con el que se contaba. A continuación se muestran los generadores que se usaron antes de decidir la escogencia del que se usa en el proyecto:

Volante magnética: Una volante magnética es un generador eléctrico de imanes móviles la cual es ampliamente utilizada en las motocicletas para la generación de la energía eléctrica de las mismas, son usadas para cargar la batería para que esta supla de electricidad los dispositivos que lo requieran.

Este tipo de generador es muy potente y se puede encontrar de corriente alterna monofásica y trifásica, puede generar corriente suficiente para cargar la batería y suplir también el consumo de energía eléctrica que pueda demandar la motocicleta, eso sí, necesita unas revoluciones bastante altas para que esto ocurra.

Por las razones anteriormente expuestas se escogió este tipo de generador ya que se pensó que entregaría la suficiente energía para asegurar el funcionamiento óptimo del proyecto.

Para el montaje de este en la bicicleta se necesitó del eje de un cigüeñal de moto y también una carcasa en la cual esta iba ensamblada, entre la base de la carcasa y el tapa cadena de la bicicleta iba un rodamiento de bolas el cual sostenía el eje del cigüeñal y lo mantenía firme, para generar la transmisión del movimiento de la persona al generador fue por medio de un piñón estrella que se acopló a uno de los extremos del eje del cigüeñal, la carcasa en la estaba ensamblada la volante se fijó por medio de unos pernos que se aseguraron en el tapa cadena.

La volante magnética y su respectivo acople se muestra en la figura 3.1:

Figura 3.1 Volante magnética y acople mecánico.



Este acople generó muchos problemas ya que el ángulo de la volante estaba dado por la tensión de la cadena, por esta razón se debía poner lo más tensionada posible lo cual disminuía su vida útil y se arriesgaba a que se reventara. Como se explicó previamente este tipo de generador trabaja a una revoluciones muy altas las cuales una motocicleta puede entregar sin problema, pero una persona con su esfuerzo físico y este tipo de acople hace prácticamente imposible que este pueda funcionar bien, ya que lo que este entregó con el máximo esfuerzo de un usuario fue de 7 voltios.

Pudo concluirse que fue un error la escogencia de este generador y se descartó totalmente después de realizar las pruebas.

Dinamo de botella: Un dinamo de botella es un generador eléctrico de corriente alterna e imanes permanentes, el cual se ha usado ampliamente en bicicletas convencionales para alimentar una bombilla y así iluminar el camino. Este es un generador de baja potencia el cual está diseñado para 6W aproximado al consumo de la bombilla que viene con el. En la figura 3.2 se muestra una dinamo de botella convencional:

Figura 3.2 Dinamo de botella convencional



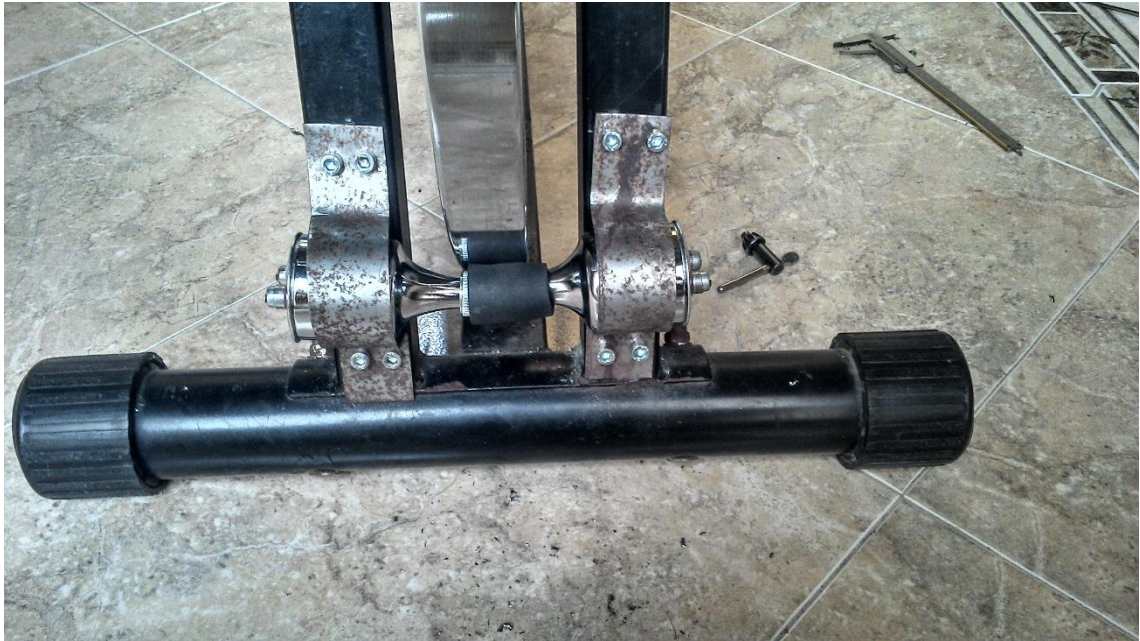
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Dinamo_\(generador_el%C3%A9ctrico\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Dinamo_(generador_el%C3%A9ctrico))

El acople que se usa en este es muy similar al que se muestra en la figura 3.2 con la diferencia que la disposición de la rueda de la bicicleta estática es diferente y no está hecha de caucho como la de una bicicleta normal sino que está hecha de aluminio, por esta razón se tuvo que incluir un material de alto coeficiente de rozamiento (caucho) en el eje del dinamo de botella para que este se acoplará directamente a esta rueda. Para este caso las revoluciones no son un problema porque la relación entre el diámetro de la rueda de la bicicleta y el eje del generador es muy grande y así este puede llegar a altas revoluciones por minuto con un bajo esfuerzo del usuario.

Este generador presentó un mejor comportamiento que el anterior a pesar de su baja potencia ya que este entrega un voltaje nominal de 12 voltios con una carga de aproximadamente 0.5 amperios y unas revoluciones fáciles de generar por el usuario.

El acople realizado se muestra en la siguiente figura 3.3:

Figura 3.3 Dinamo de botella con su respectivo acople.



Este dispositivo tiene varias desventajas las cuales son; lo desechables que pueden ser ya que se queman con gran facilidad, se pueden bloquear ya que su eje esta acoplado con un cabezal el cual va fijado con un tornillo y una arandela las cuales se apretaban para un sentido giro (derecha) y se aflojaban para el otro sentido de giro (izquierda) con esto se dificultaba la realización de las pruebas, además que la potencia que este entrega no lograba cargar la batería de forma óptima.

A dichas desventajas se le dieron las siguientes soluciones; al cabezal se le aplico un líquido denominado popularmente como “traba roscas” el cual hizo que este cabezal se fijara fuertemente en una sola posición y así no se apretara ni aflojara mas, para aumentar la potencia generada se acoplo otro dinamo de botella como se muestra en la figura 3.3 en el otro extremo de la rueda de la bicicleta y así entre los dos generadores alimentar todo el sistema de manera óptima. Lastimosamente esta última solución se convirtió en un problema mas grande ya que para que se pueda poner dos generadores en paralelo y sumar sus corrientes se debe tener un valor igual del voltaje en los dos, condición que no se cumplía y obligaba a usar circuitos reguladores independientes, incluso haciendo esto estos generadores por momentos se ponían en corto y quemó uno de ellos lo cual hizo que se descartara esta opción.

Motor eléctrico: Este último generador (motor eléctrico a la inversa) es de corriente continua y de imanes permanentes de voltaje nominal de 120 voltios con el cual a pedaleo constante y un pedaleo de intensidad mediana se puede encontrar en su salida un aproximado de 70 voltios sin carga, y con una carga de 0.5 amperios (la bombilla del

dinamo) se pueden lograr aproximadamente 25 voltios. Este motor hacía parte de un electrodoméstico (picadora de carne) la cual se averió y se pudo recuperar este motor.

El acople que se realiza para este es el mismo que se usó para el dinamo de botella ya que la forma de estos dos es parecida.

Con este generador se hicieron las respectivas pruebas con el circuito regulador que se explicará en capítulos posteriores, y se logró una carga en la batería muy buena, lo suficiente para que esta cargue de manera relativamente rápida sin disminuir la vida útil de la misma, cabe aclarar que la batería que se usa en este proyecto es de 12 voltios.

El dispositivo usado como generador es un motor de voltaje nominal de 120V en corriente continua el cual con un pedaleo constante y no muy elevado se puede encontrar en su salida un voltaje de aproximadamente 70V sin carga alguna, y con una carga de 0.5A puede encontrar aproximadamente 25V lo cual lo hace suficiente para cargar la batería de 12V, se debe aclarar que esos 25 voltios no se podrían introducir en la batería porque disminuiría rápidamente su vida útil, por esto se realizan los circuitos reguladores que se explican en capítulos posteriores. El acople realizado se muestra en la figura 3.4:

Figura 3.4 Motor eléctrico con su respectivo acople



Por último se puede concluir que para este tipo de proyectos que son de generación eléctrica de baja potencia se pueden usar motores convencionales como son los de electrodomésticos como licuadoras, procesadores de alimentos, picadoras, etc. La única recomendación es conocer las especificaciones de estos como son el voltaje nominal, corriente y tener un aproximado de las revoluciones necesarias para que las condiciones especificaciones anteriores se cumplan.

CAPÍTULO 4:
SELECCIÓN Y DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

4.1 SELECCIÓN DE LOS CIRCUITOS A UTILIZAR

Teniendo el generador y el acople mecánico listo se procede a escoger los circuitos necesarios para asegurar la carga de la batería y para alimentar los dispositivos de baja potencia. Para esto es necesario dividir el diseño de estos en varias etapas en las cuales se diseña un circuito para cada una:

Etapas 1: generación.

Etapas 2: regulación de energía eléctrica.

Etapas 3: carga de la batería.

Etapas 4: inversión de tipo de energía eléctrica.

Etapas 5: alimentación de dispositivos de baja potencia.

4.2 ETAPAS DE SELECCIÓN Y REGULACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA.

4.2.1 GENERACIÓN

Como se explicó anteriormente, esta es la parte que prácticamente tiene mas importancia en el proyecto ya que dependiendo de lo que esta genere se podrá tener un buen funcionamiento del resto del sistema.

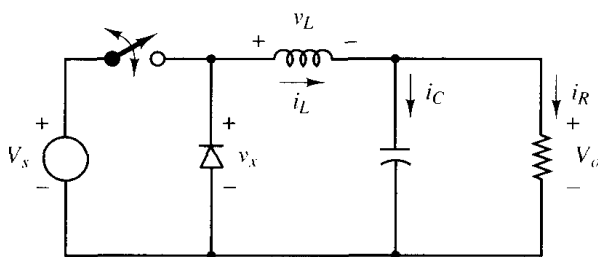
El generador escogido fue el motor de 120 voltios a corriente continua el cual para las revoluciones a las que es sometido es suficiente para que este tenga un voltaje de aproximadamente 70 voltios con una intensidad de pedaleo relativamente moderada, y para una carga de 0.5 amperios entrega aproximadamente 25 voltios. Esto hace que la potencia entregada sea necesaria para la carga de la batería, pero esta no puede recibir demasiado voltaje porque se disminuiría (se secaría) su vida útil, por esto necesitamos la siguiente etapa.

4.2.2 REGULACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Esta etapa es muy importante ya que asegura una carga óptima para la batería y un voltaje que no cambie mucho para la siguiente etapa que es el inversor.

El circuito que se plantea para esta función es un convertidor de corriente continua a corriente continua con una disposición para que el voltaje de salida sea menor al de entrada, este es conocido como “convertor cc/cc reductor (buck)”. Su esquema se muestra en la figura 4.1.

Figura 4.1 Convertidor reductor



Fuente: Libro Electrónica de Potencia de Daniel W. Hart

Este circuito funciona de forma que la frecuencia que conmuta el interruptor hace que se cargue y descargue la bobina y así este entregue un voltaje menor al de entrada.

Se necesita disminuir un voltaje de 22V aproximadamente a un voltaje de 14V el cual es necesario para la carga rápida de la batería. A continuación se muestran los cálculos para este circuito.

Ecuación 4.1.

$$D = \frac{V_o}{V_s}$$

Ecuación 4.2.

$$I_L = \frac{V_o}{R}$$

Ecuación 4.3.

$$L_{min} = \frac{(1 - D)R}{2f}$$

Ecuación 4.4.

$$\Delta IL = \frac{V_o(1 - D)}{LF}$$

Ecuación 4.5.

$$I_{max} = I_L + \frac{\Delta IL}{2}$$

Ecuación 4.6.

$$I_{min} = I_L - \frac{\Delta IL}{2}$$

Ecuación 4.7.

$$\frac{\Delta VO}{VO} = \frac{(1 - D)}{8LCF^2}$$

Se tienen los siguientes valores para encontrar cada una de las incógnitas.

$$V_s = 22V$$

$$V_o = 14V$$

$$L = 576\mu H$$

$$R = 20\Omega$$

$$C = 100\mu F$$

$$F = ?$$

$$\Delta VO/VO = ?$$

Nota 1: El valor de la resistencia sale del consumo mínimo de la batería para poder cargarse.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12V}{0.6A} = 20\Omega$$

Nota 2: La inductancia salió de una bobina toroidal extraída de una fuente de poder de un computador dañado la cual fue medida por un multímetro en el laboratorio de mecatrónica en el CDV (parquesoft).

Lo primero que debe hallarse es el ciclo de trabajo (duty cycle=D) con el cual aseguramos el voltaje de salida, cabe aclarar que el valor es adimensional, de la ecuación 4.1 se tiene.

$$D = \frac{V_o}{V_s} = \frac{14V}{22V} = 0.63$$

Siguiente a esto se calcula el valor de la corriente que fluye por todo el circuito, la cual se resume a calcular la corriente en la carga respecto al voltaje de salida, de la ecuación 4.2 se tiene.

$$I_L = \frac{V_o}{R} = \frac{14V}{20\Omega} = 0.7A$$

Se halla el valor de la frecuencia a partir de la ecuación 4.3 de la inductancia.

$$L_{min} = \frac{(1 - D)R}{2f}$$

$$F = \frac{(1 - D)R}{2L} = \frac{(1 - 0.63)20\Omega}{2 * (576\mu H)} = 6423.6Hz$$

Para asegurar que la corriente sea permanente se usa una frecuencia un poco mayor a la calculada.

$$F = 10000Hz$$

En la siguiente ecuación encontramos el rango de valores que puede tomar la corriente respecto al periodo de conmutación calculado, de la ecuación 4.4 se tiene.

$$\Delta I_L = \frac{V_o(1 - D)}{LF} = \frac{14V(1 - 0.63)}{576\mu H * 10KHz} = 0.9A$$

Conociendo el valor de la variación de la corriente podemos conocer los valores máximos y mínimos a los que puede llegar en el circuito, de la ecuación 4.5 y 4.6 respectivamente se tiene.

$$I_{max} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2} = 0.7A + \frac{0.9A}{2} = 1.25A$$

$$I_{min} = I_L - \frac{\Delta I_L}{2} = 0.7A - \frac{0.9A}{2} = 0.35A$$

Por último, se encuentra el valor de la variación del voltaje en la salida del circuito ya que este puede tener oscilaciones, lo ideal que estas sean lo más bajas posible para que la tensión de salida sea lo más regulada posible, de la ecuación 4.7.

$$\frac{\Delta VO}{VO} = \frac{(1 - D)}{8LCF^2} = \frac{(1 - 0,63)}{8 * 576\mu H * 100\mu F * 10KHz^2} = 0,00802V$$

$$\Delta Vo = \frac{0,00802V}{14V} * 100\% = 0.000572\%$$

Se puede notar que la variación del voltaje a la salida del circuito es muy bajo, lo suficiente para que podamos afirmar que está bien regulado. Estos valores están sujetos a cambios ya que es controlado en lazo abierto y las variaciones en el voltaje de entrada hacen que se afecten también en la salida.

Para la generación de los pulsos es necesario utilizar un circuito integrado el cual genere esta frecuencia. Para este caso particular se usa el circuito NE555 que es muy útil para este tipo de pulsos ya que en el modo astable se puede variar el ciclo de trabajo. Los cálculos para generar la frecuencia de 10kHz se encuentran con las siguientes ecuaciones:

$$F = \frac{1.44}{C1 * (R1 + 2R2)}$$

Ecuación 4.8.

$$ton = 0.694 * (R1 + R2) * C1$$

Ecuación 4.9.

$$toff = 0.694 * R2 * C1$$

Ecuación 4.10.

$$T = ton + toff$$

Ecuación 4.11.

$$D = \frac{ton}{T}$$

Ecuación 4.12.

$$R2 = \frac{toff}{C1 * 0.694} = \frac{37\mu s}{10nf * 0.694} = 5331\Omega$$

Ecuación 4.13.

$$R1 = \frac{ton}{C1 * 0.694} - R2 = \frac{63\mu s}{10nF * 0.694} - 5331\Omega = 3747\Omega$$

Ecuación 4.14.

Para este caso se cuenta con:

$$F=10\text{kHz}$$

$$C1=10\text{nF}$$

$$D=63\%$$

Se necesita hallar entonces los valores de las resistencias R1 y R2. Para esto primero se encuentra el valor del periodo, de la ecuación 4.11.

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{10000\text{Hz}} = 100\mu\text{s}$$

Con este valor de periodo se puede conocer los valores de tiempo en los cuales el pulso está en estado alto y bajo, de las ecuaciones 4.8 y 4.9 se tiene.

$$t_{on} = D * T = 0.63 * 100\mu\text{s} = 63\mu\text{s}$$

$$T_{off} = T - t_{on} = 100\mu\text{s} - 63\mu\text{s} = 37\mu\text{s}$$

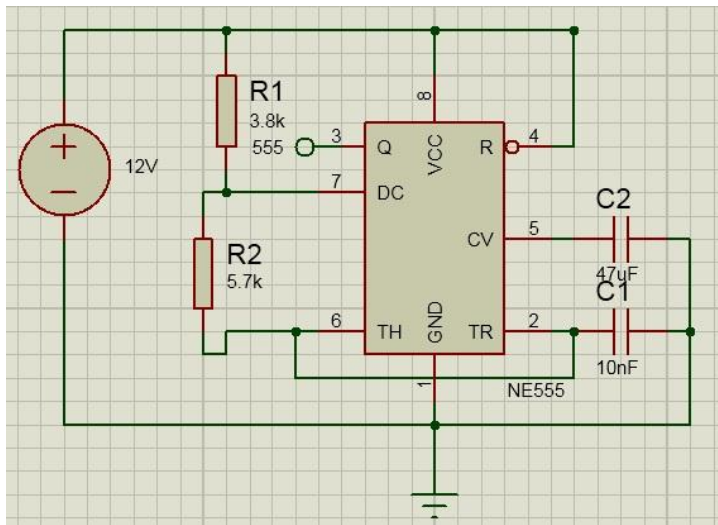
Conociendo los valores de tiempo se puede despejar y encontrar los valores de las resistencias, de las ecuaciones 4.13 y 4.14 se tiene.

$$R2 = \frac{t_{off}}{C1 * 0.694} = \frac{37\mu\text{s}}{10\text{nF} * 0.694} = 5331\Omega$$

$$R1 = \frac{t_{on}}{C1 * 0.694} - R2 = \frac{63\mu\text{s}}{10\text{nF} * 0.694} - 5331\Omega = 3747\Omega$$

Ahora se conocen todos los parámetros necesarios para que funcione el oscilador y así este pueda hacer que el transistor MOSFET entre en conmutación, para esta frecuencia de trabajo también, se puede usar un transistor BJT el cual entregaría un funcionamiento igual, pero se opta por el MOSFET por su polarización por voltaje lo cual no genera consumo en el circuito. En la siguiente grafica se muestra el esquema del circuito NE555:

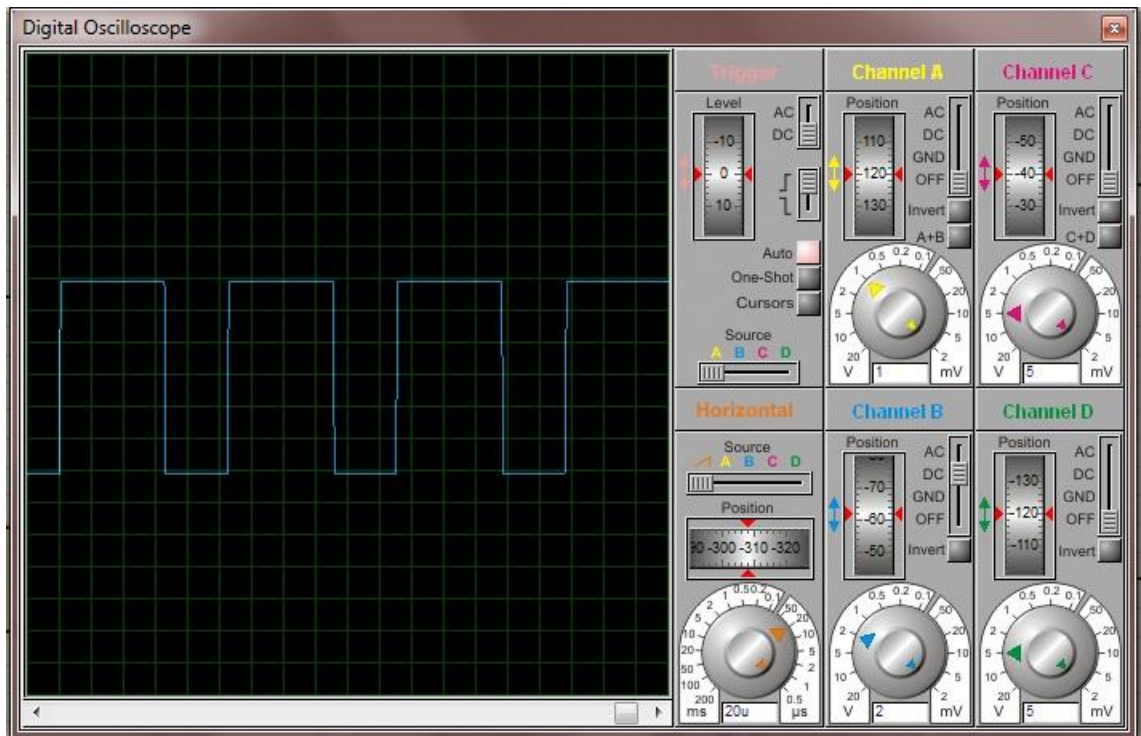
Figura4.2 Esquema de conexión de circuito NE555



Fuente: Realizado en Proteus 8.

Los pulsos generados por el oscilador se muestran en la figura 4.3.

Figura 4.3 Pulsos generador por el circuito NE555



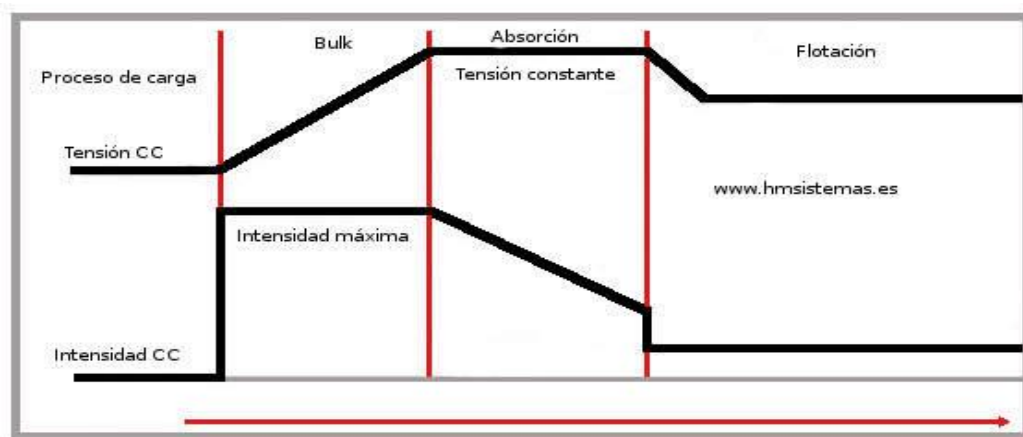
Fuente: Realizado en Proteus 8.

Puede notarse que el tiempo en el que el pulso está en estado alto es mayor al de estado bajo, lo cual demuestra el funcionamiento en modo estable y el ciclo de trabajo de 63%.

4.2.3 CARGA DE LA BATERÍA

Esta etapa dependiente de la etapa anterior, para los valores que se diseña el circuito conversor puede notarse que el voltaje con el que se carga la batería es de 14 voltios pero no siempre estará en 14 voltios gracias a la forma en la que cargan las baterías, en la figura 4.4 se muestra como es la secuencia de carga de una batería para poder entender mejor lo explicado:

Figura 4.4 Grafica de carga de batería “referencia”.



Fuente: <http://energia-solar-aislada.blogspot.com/2011/01/etapas-de-carga-en-baterias.html>

En la gráfica anterior puede evidenciarse como es el proceso de la carga de la batería y explicar lo que se dice en el apartado anterior. En la etapa inicial o carga rápida carga se puede notar que el consumo de esta es alto hasta que el voltaje se logra estabilizar, después de esto el consumo de la batería comienza a disminuir haciendo que el voltaje también disminuya un poco y así la batería entre en proceso de carga lenta, este proceso es llamado estado flotación de la batería.

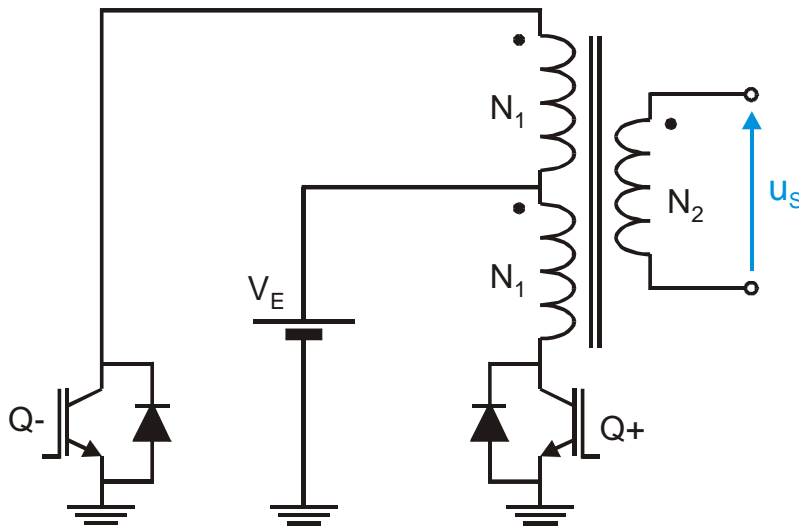
4.2.4 INVERSIÓN DE TIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La inversión del tipo de energía eléctrica consiste en transformar la electricidad en corriente continua que almacena la batería para convertirla en electricidad en corriente alterna, esta conversión se hace porque la gran mayoría de los dispositivos eléctricos y

electrónicos que usamos a diario funcionan con este tipo de energía eléctrica, además con esto se puede mostrar la finalidad de este proyecto la cual es cargar dispositivos de bajo consumo como son los celulares, tabletas, computadores portátiles y otros dispositivos de bajo consumo que pueda soportar el circuito.

Para dicha conversión se utiliza un circuito denominado inversor el cual se encarga de convertir la forma de onda de la corriente continua a una forma de onda alterna y periódica, lo ideal puede ser llegar a tener una señal sinusoidal como se encuentra en los tomacorrientes de las casas, pero este entrega señales cuadradas que se asemejan al comportamiento de la forma sinusoidal. Para el caso particular de este proyecto se usa un inversor de topología “Push Pull” el cual se muestra en la figura 4.5.

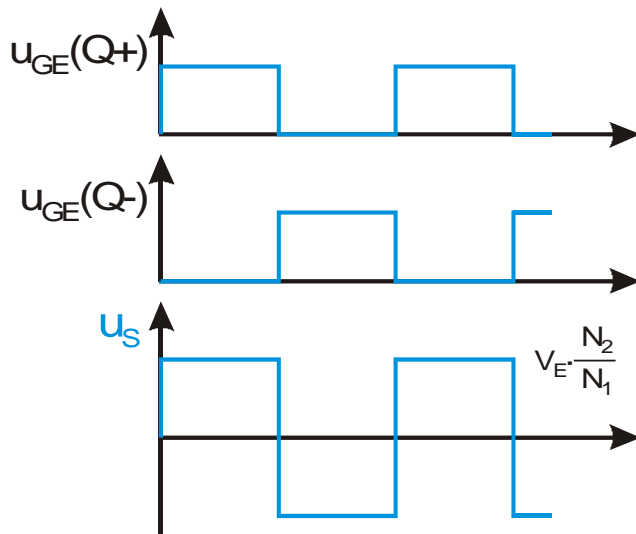
Figura 4.5 Inversor “Push Pull” “referenciado”.



Fuente: <http://www.uv.es/~emaset/iep00/descargas/INVERSORES%20SQW.pdf>

El circuito de la gráfica muestra como es la forma del inversor push pull el cual funciona básicamente alternando la conexión a tierra de los extremos de las bobinas secundarias del transformador de forma que en la señal de salida se tendrá una señal cuadrada alterna. En la figura 4.6 se muestran los pulsos y las repuestas del sistema.

Figura 4.6 Repuesta del inversor “Push Pull”.



Fuente: <http://www.uv.es/~emaset/iep00/descargas/INVERSORES%20SQW.pdf>

Cabe notar que el voltaje de salida alterno está determinado por el voltaje en corriente continua al que se conecte el terminal de tab central del transformador y de la relación que halla entre el bobinado primario respecto del secundario, la ecuación 4.15 determina el valor de este voltaje:

Ecuación 4.15.

$$V_o = V_e * \frac{N_2}{N_1}$$

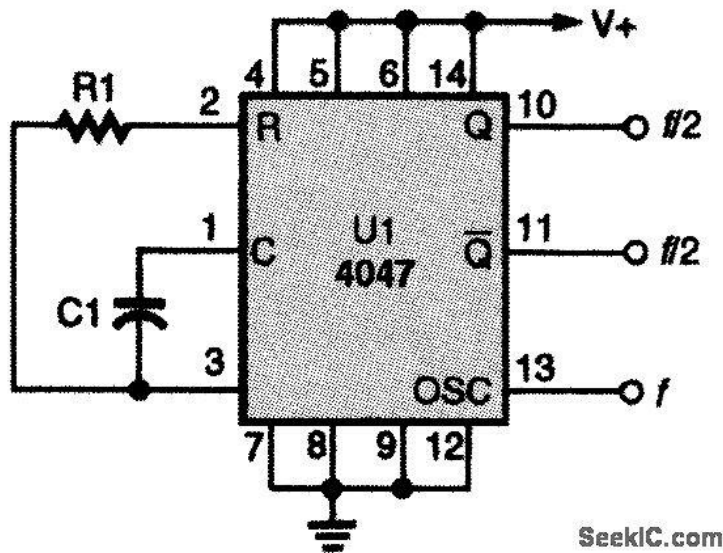
Donde V_o es el voltaje de salida, V_e el voltaje de entrada, N_1 relación del primario y N_2 relación del secundario.

Por lo tanto para una entrada de aproximadamente 12V y una relación de 1:10 se obtiene de la ecuación 4.15:

$$V_o = 12V * \frac{10}{1} = 120V$$

Para que lo anterior se cumpla se deben generar los pulsos como se muestra en la figura anterior. Para esto se utiliza un circuito integrado de referencia CD4047B el cual genera una frecuencia como lo hace el NE555 utilizado para el conversor reductor pero además tiene salidas de divisor de frecuencia tal como lo hace un flip-flop en modo de basculación, estas salidas se alternan entre ellas y hace un pequeño traslape entre pulsos lo cual evita que se haga un corto entre los devanados del transformador. En la figura 4.7 se muestra la conexión del circuito integrado.

Figura 4.7 Conexión del integrado CD4047



Fuente: http://www.seekic.com/circuit_diagram/Signal_Processing/CD4047_CMOS_OS_CILLATOR.html

Para que los dispositivos que se conectan en la salida del transformador funcionen bien se debe calcular una frecuencia de 60Hz ya que esta es la frecuencia a la que trabaja la señal sinusoidal de los toma corrientes. Para calcular esto se debe tener en cuenta que las salidas Q son divisores de frecuencia entonces se debe calcular una frecuencia de 120Hz para que entre las salidas Q y Q negada halla 60Hz, esto se hace con la ecuación 4.16. Ecuación 4.16.

$$F = \frac{1}{(4.4 * C1 * R1)}$$

Como es más sencillo conseguir una resistencia específica que un condensador, se calcula la frecuencia buscada con un capacitor de 10nF.

$$F=120\text{Hz}$$

$$C1=10\text{nF}$$

$$R1=?$$

Para los datos anteriores se utiliza la ecuación 4.16 para encontrar el valor de la resistencia necesaria para que se genere una frecuencia de 120Hz.

$$R1 = \frac{1}{(4.4 * 10nF * 120Hz)} = 189393,9\Omega \approx 189,4K\Omega$$

Esta resistencia fácilmente podemos hallarla con una resistencia variable de 1MΩ.

El circuito completo del inversor es el que se muestra en la figura 4.8.

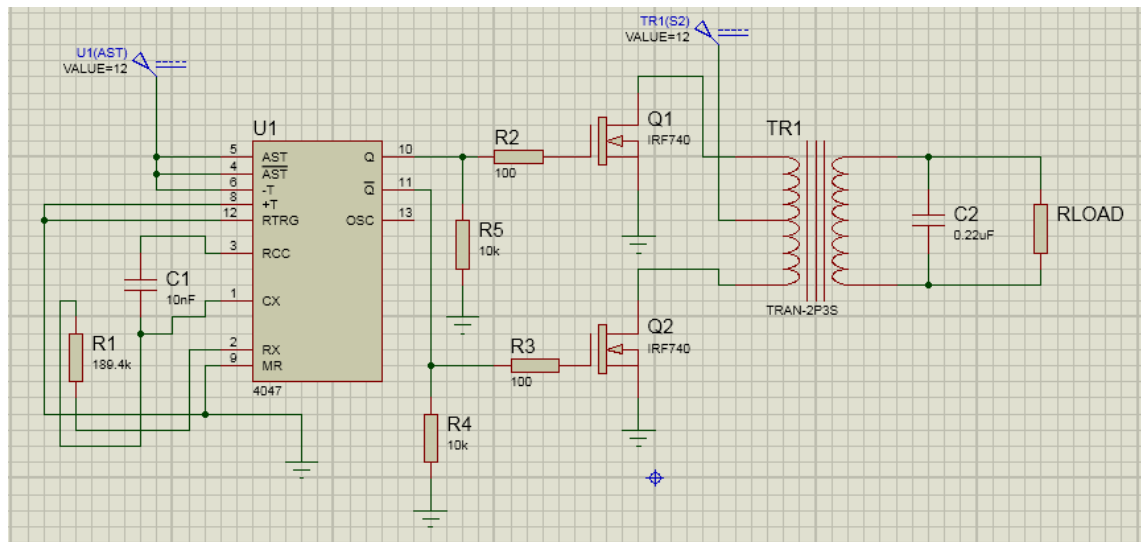


Figura 4.8 Inversor “Push Pull” usado en el proyecto. Diseñado en Proteus 8

Nota: se usa transistores Mosfet IRF740 ya que es un transistor que se polariza con voltaje, y entre sus canales D y S soporta una corriente de 10 amperios lo cual lo hace óptimo para este circuito. El capacitor en la salida del transformador es para incluirle potencia reactiva al sistema.

4.2.5 ALIMENTACION DE DISPOSITIVOS DE BAJO CONSUMO

Ya con el circuito tanto conversor cc/cc como el inversor cc/ca funcionando se puede conectar una carga como las que se han planteado desde el principio del proyecto (celulares, tabletas, computadores portátiles). Se debe tener especial cuidado con que no se exceda la carga de 0.6 amperios ya que esa es la corriente máxima que puede aguantar el transformador. En el capítulo siguiente se muestran todas las pruebas de funcionamiento de este proyecto.

CAPITULO 5:
MONTAJE, PRUEBAS Y AJUSTES

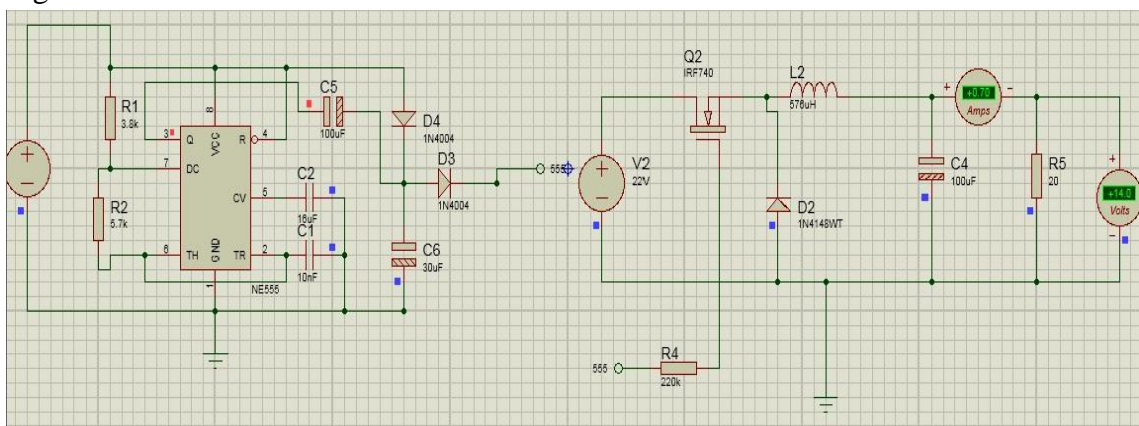
5.1 MONTAJE Y PRUEBAS

Teniendo los circuitos electrónicos seleccionados se hace primero una simulación de cada uno para tener una visión previa del funcionamiento de estos.

5.1.1 SIMULACION DEL CONVERTOR CC/CC EN PROTEUS

Se hace esta simulación para mostrar el correcto funcionamiento del circuito regulador de voltaje el cual es el encargado de cargar la batería de manera óptima, la figura 5.1 muestra la simulación de este circuito.

Figura 5.1 Simulación del convertor reductor.



Fuente: Realizado en Proteus 8

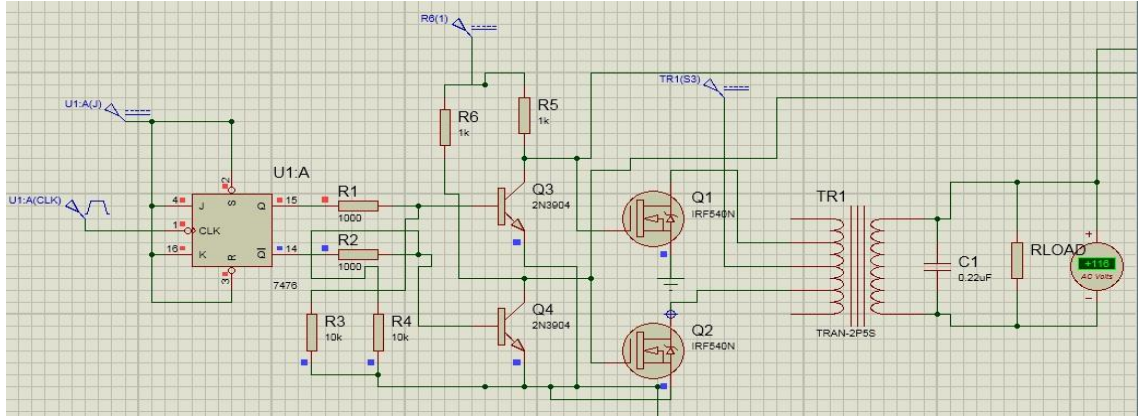
En este esquema se muestra el funcionamiento del convertor el cual es el aproximado del funcionamiento que este debe tener en el montaje físico, en la parte izquierda se muestra el oscilador que envía los pulsos para la conmutación del transistor MOSFET.

5.1.2 SIMULACION DEL INVERSOR CC/CA “PUSH PULL”

Se hace la simulación del inversor el cual es el encargado de alimentar los dispositivos de bajo consumo. Como el programa presenta problemas para simular el circuito integrado CD4047B se simula con un flip-flop 7476 convencional el cual da el mismo comportamiento, cabe aclarar que este flip-flop funciona a 5 voltios por lo cual hay que

hacer una interfaz de activación para los MOSFET ya que necesitan 10V en su compuerta para que active completamente el paso de la corriente por sus terminales G y S.

Figura 5.2 Simulación circuito inversor “push pull”

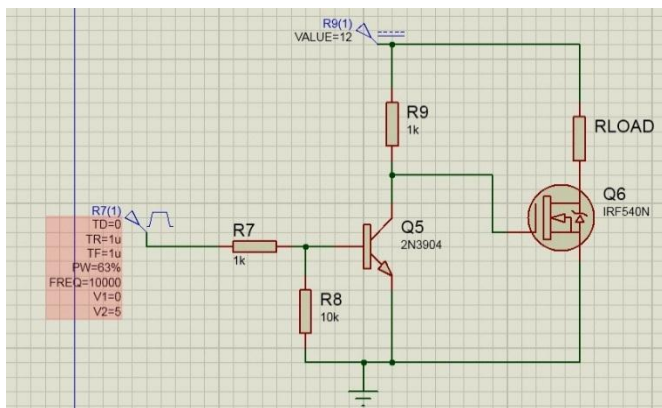


Fuente: Realizado en Proteus 8.

En la figura 5.3 se muestra la forma de onda que se puede encontrar a la salida del inversor, nótese que es una señal periódica y alterna, la redondez en la parte superior del pulso es gracias al capacitor que se pone en la salida del transformador. En la parte inferior de la figura se muestran los pulsos generados por el circuito integrado.

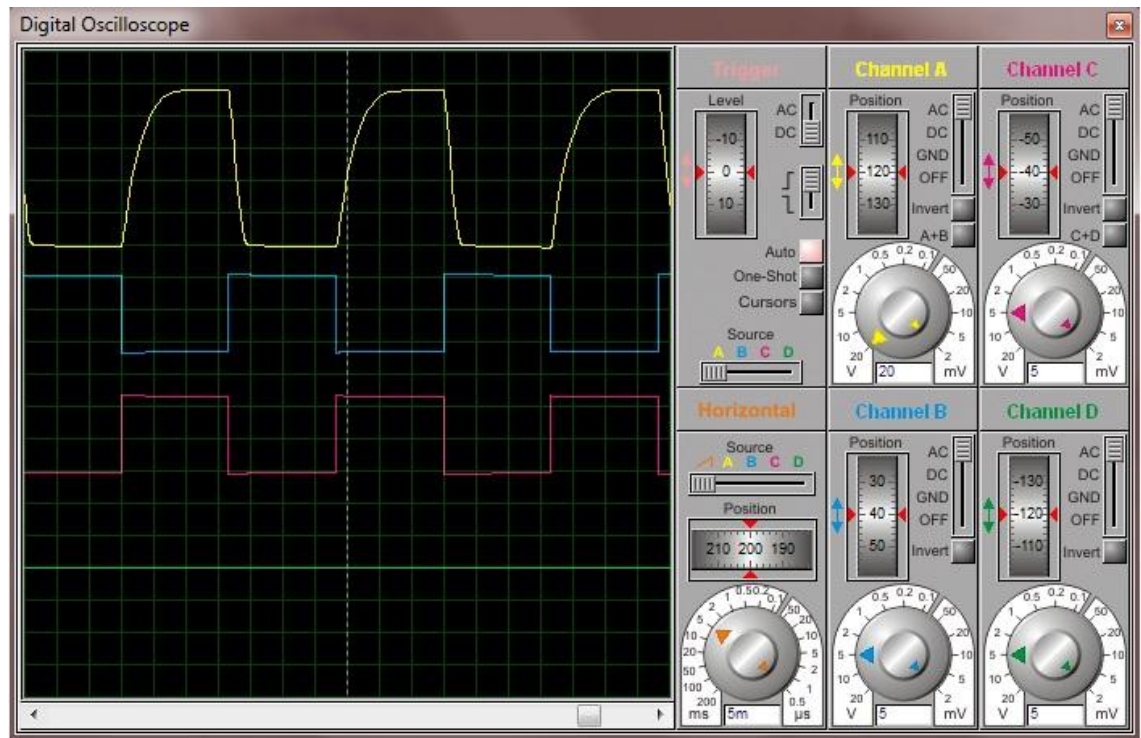
El circuito conversor como se mostró en el esquema de este, consta de un sistema de activación para el MOSFET compuesto por un transistor de unión bipolar NPN de referencia 2N3904, ya el MOSFET necesita más de 10 voltios en su compuerta para que funcione en modo de conmutación y el circuito oscilador genera muchas pérdidas en su salida para lograr activarlo, por esta razón se usa circuito de interfaz, este transistor bipolar también se instala en modo de conmutación con el cual se activa el MOSFET, en la siguiente grafica se muestra el funcionamiento de este.

Figura 5.3 Circuito activación del MOSFET.



Fuente: Realizado en Proteus 8.

Figura 5.4 Respuesta de onda de salida del inversor



Fuente: Realizado en Proteus 8.

Con esta grafica puede evidenciarse que el funcionamiento es el correcto ya que la señal es periódica y alterna.

Con los anteriores circuitos simulados se procede a montar los circuitos físicos.

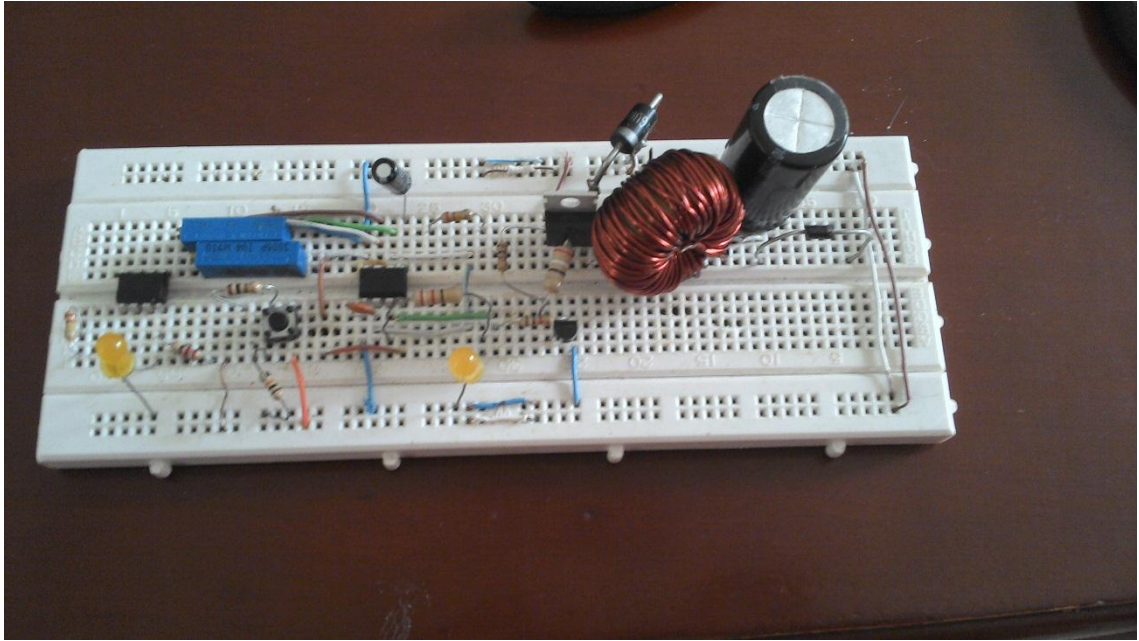
5.2 MONTAJE EXPERIMENTAL DE LOS CIRCUITOS

Para probar que las cosas funcionen de forma correcta en el montaje físico, primero se hace un montaje experimental de cada circuito. En las próximas figuras se muestra el montaje experimental (montados en protoboard) de los circuitos.

5.2.1 CIRCUITO CONVERSOR CC/CC REDUCTOR “MONTAJE EXPERIMENTAL”

Se muestra montaje del circuito conversor cc/cc reductor montado en protoboard en la figura 5.5.

Figura 5.5 Montaje experimental del circuito conversor cc/cc reductor



Como en el circuito esquemático se puede ver cada uno de los componentes que son:

1. En la región de la izquierda se puede ver el oscilador NE555 con su respectivo arreglo electrónico el cual hace que este funcione en modo astable y entregue una frecuencia de 10kHz con un ciclo de trabajo de 63%.
2. En la parte central se puede ver el circuito de disparo del transistor de potencia, el transistor de encapsulado TO-39 es un 2N3904 el cual como se explicó previamente funciona en modo conmutación con el fin de entregar una tensión más alta que la que puede entregar el oscilador, en la parte superior a ese se ve el transistor MOSFET de potencia de encapsulado TO-220 de referencia IRF740 el cual está encargado de realizar las interrupciones del sistema para que así pueda asegurarse el voltaje reducido en la salida.
3. En la parte derecha se puede ver la inductancia de 576 μ H que forma un filtro L-C con el capacitor de 100 μ F, detrás del transistor de potencia se ve un diodo de potencia y suicheo rápido de referencia GUR460 el cual cuando se genera una interrupción hace que la inductancia se descargue de manera inversa.
4. En la parte final se puede ver un diodo de propósito general de referencia 1N4004 el cual evita que la batería se descargue a través del generador cuando el usuario no este pedaleando.

En las siguientes figuras se puede ver como es el proceso de carga de la batería.

Figura 5.6 Batería sin recibir carga.

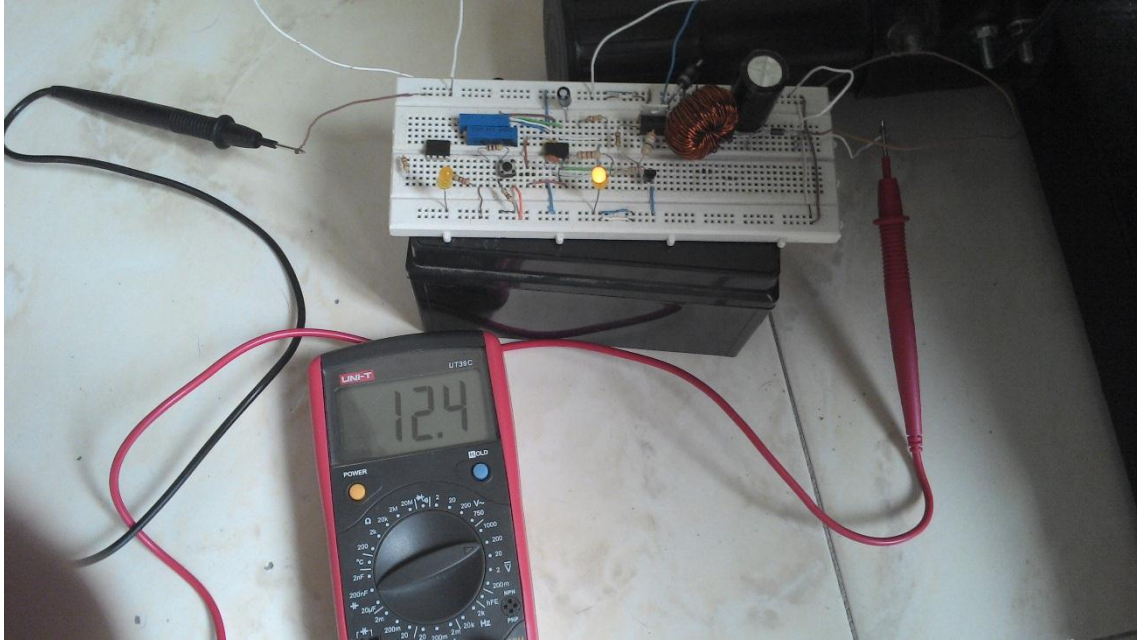


Figura 5.7 Batería recibiendo carga (dos minutos después).



Figura 5.8 Batería recibiendo carga (siete minutos después, estabilizado)



Figura 5.9 Batería recibiendo carga (pedaleo mas intenso).



Esta prueba se realizó por 10 minutos y se puede notar en la siguiente imagen que la batería logró recibir un porcentaje de carga. En la figura 5.10 se muestra este resultado.

Figura 5.10 Batería sin carga, voltaje estabilizado después de 10 minuto de carga.

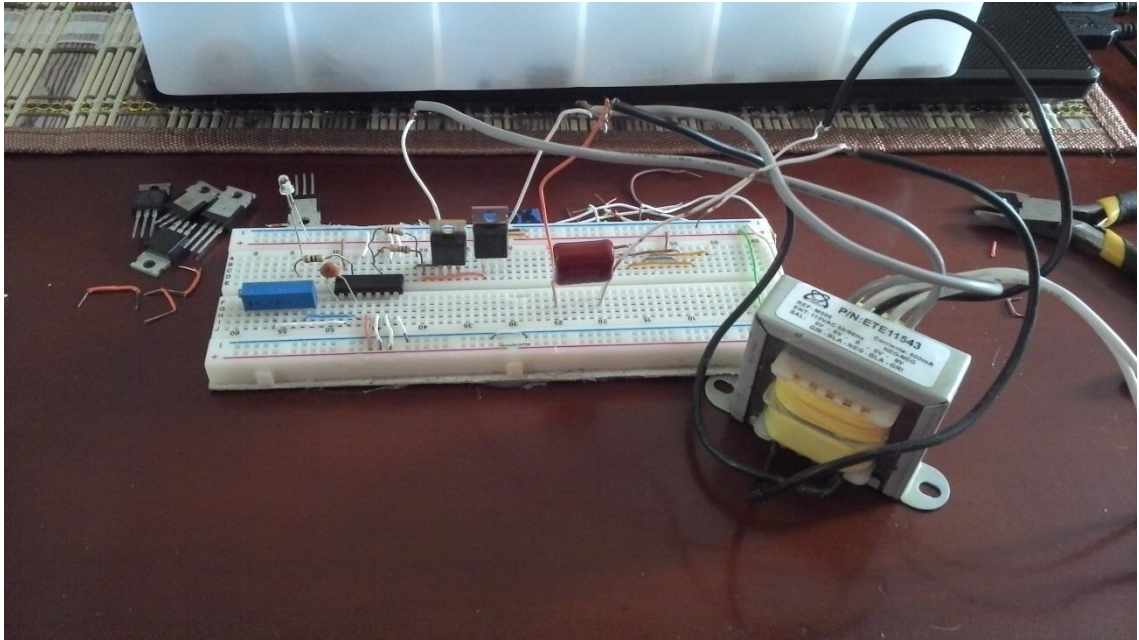


También se realizaron pruebas más extensas, en las cuales se pudo notar que la batería con este sistema y la potencia generada por el motor generador puede cargarse un 50% en aproximadamente una hora de pedaleo constante, aclarando que la batería no tenía ningún sumidero consumiendo su energía.

5.2.2 CIRCUITO INVERSOR CC/CA TIPO PUSH PULL “MONTAJE EXPERIMENTAL”

En la figura 5.11 se muestra el montaje en protoboard del circuito inversor cc/ca tipo push pull.

Figura5.11 Circuito inversor push pull montaje experimental



Como en el circuito esquemático puede verse que cada uno de los componentes que son:

1. En parte izquierda de la imagen puede verse el circuito oscilador de referencia CD4047B el cual se encarga de generar la frecuencia con la que va a trabajar el sistema. Como la energía eléctrica en Colombia funciona a 60Hz pues el arreglo electrónico que este oscilador debe asegurar una frecuencia de 120Hz para que en el divisor entregue los 60Hz y así este genere las interrupciones de los transistores cuya finalidad es realizar la alternancia que necesita el transformador.
2. En la parte central de la imagen se pueden ver los dos transistores MOSFET de potencia de referencia IRF740 los cuales como se dijo previamente se encargan de dar la alternancia al transformador para que pueda funcionar de manera correcta. Estos lo que hacen es dar conexión a tierra a los terminales externos del transformador.
3. En la parte de derecha se puede ver el transformador el cual eleva el voltaje alterna generado por el circuito inversor, lo eleva a un valor necesario para que los elementos que se van a energizar tengan un buen funcionamiento. Este valor es de aproximadamente 120 voltios. La conexión de este es los terminales externos conectados a los transistores que hacen la interrupción con la tierra y el tab central conectado a los 12 voltios de la batería.
4. En la parte inferior se puede ver un capacitor de poliéster de 0.22µF el cual conectado a los 120 voltios de la salida le da un componente reactivo al sistema, el cual es beneficioso para su óptimo funcionamiento.

En las siguientes figuras puede verse su funcionamiento.

Figura 5.12 Circuito inversor con fuente de 12 voltios

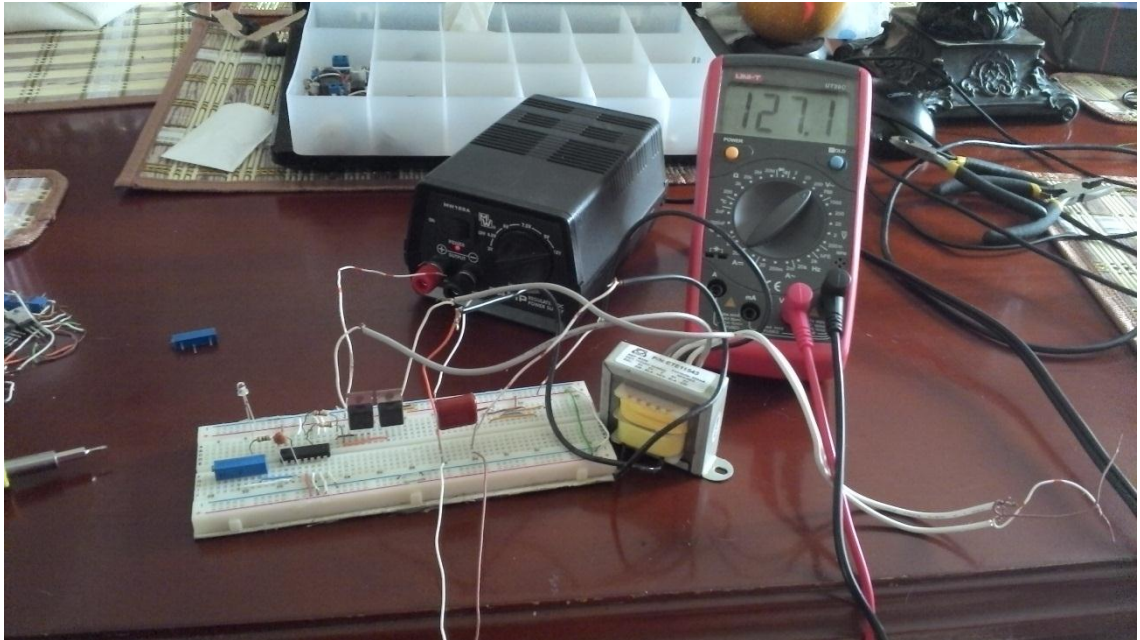
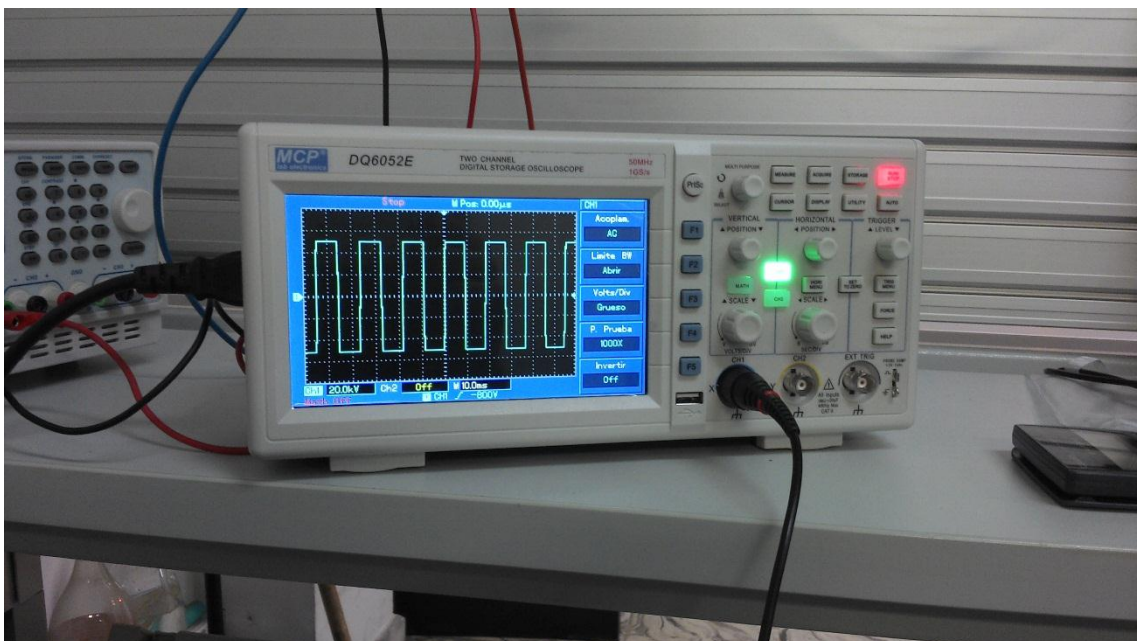


Figura 5.13 Onda alterna generada por el inversor.



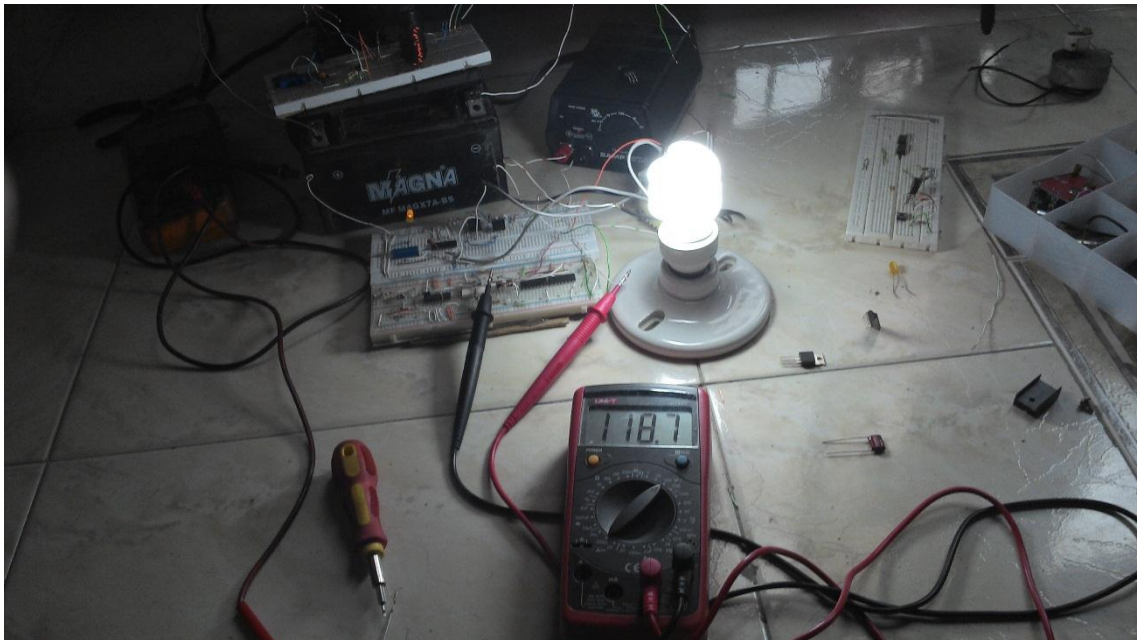
La fuente que puede verse en la figura 5.12 del circuito inversor se encarga de simular la energía eléctrica que provee la batería ya que tiene el mismo valor nominal de 12 voltios.

En la gráfica puede evidenciarse el funcionamiento del inversor, puede hacerse la aclaración que la mayoría de los inversores son generadores de onda cuadrada y si se buscara una señal sinusoidal se debe hacer un arreglo electrónico adicional.

Este circuito está limitado para dispositivos de bajo consumo ya que el transformador solo puede soportar 0.6 amperios y cuando se le pone una carga considerable este se pone en modo saturación lo cual hace que el sistema no funcione bien o se disminuya considerablemente el voltaje.

En la figura 5.14 se muestra el inversor con la batería como fuente de energía y alimentando un bombillo de bajo consumo.

Figura 5.14 Inversor con carga y batería como fuente.



Esta carga tiene un consumo aproximado de 0.1 amperios el cual es el consumo aproximado de una Tablet o teléfono celular cargando.

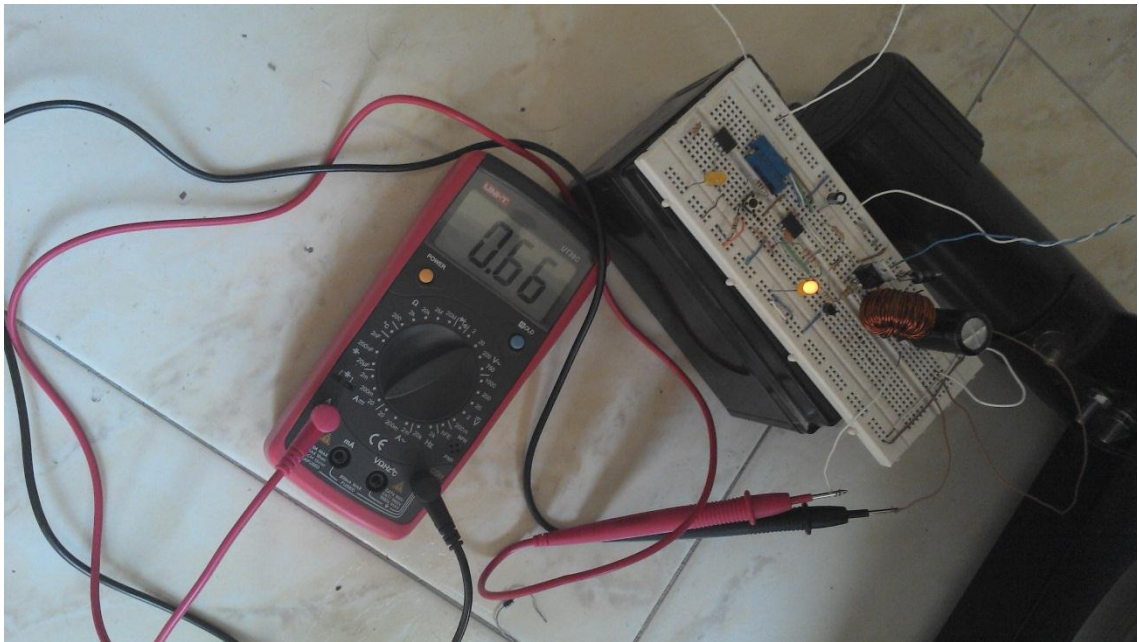
5.3 CONSUMO DEL SISTEMA

A continuación se muestra el consumo de todos los circuitos y dispositivos que se encuentran en el sistema.

5.3.1 CONSUMO DE CARGA EN LA BATERIA

Se muestra en la figura 5.15 el consumo que tiene la batería cuando está cargando.

Figura 5.15 Consumo de batería al momento de cargarla



Puede notarse que el valor de la corriente que esta consume es muy parecida al que se calculó al momento de determinar la corriente de carga para la construcción del convertidor reductor.

En las siguientes figuras se puede ver que el consumo en ambos circuitos no es el mismo y que por la ley de la conservación de la energía el consumo de corriente del circuito convertidor que funciona a 12 voltios es mucho mayor que el del circuito inversor a su salida que funciona a 120 voltios. En la figura 5.15 se muestra el consumo de corriente de la batería.

5.3.2 CONSUMO DE CARGA EN EL CIRCUITO INVERSOR

En esta sección se muestra el consumo de corriente del circuito inversor desde el consumo generado en la batería hasta el consumo a la salida del transformador. En las siguientes

figuras se puede ver el consumo que tiene la carga a la salida del transformador vista desde la batería y el consumo real de la carga.

Figura 5.16 Consumo generado por la carga visto en la batería.



Figura 5.17 Consumo real de la carga visto en la salida del transformador



En las anteriores figuras puede evidenciarse que la afirmación que se hizo en apartados anteriores de que la ley de la conservación de la energía (formula de la potencia) se cumple, puede verse que el consumo de corriente en la batería es aproximadamente 10 veces mayor que el consumo real de la carga de corriente alterna, cable aclarar que el voltaje que hay en la batería es de 12 voltios es en corriente continua y en la salida del transformador es de 120 voltios en el cual puede verse la relación de 1: 10 que tiene el transformador.

$$P_{in} = P_{out}$$

Ecuación 5.1

De la ecuación 5.1 se despeja n los valores de potencia.

$$V_{in} * I_{in} = V_{out} * I_{out}$$

$$12V * 1A = 120V * 0.1A$$

$$12W = 12W$$

Finalmente se obtiene que la potencia de entrada el idealmente igual al de salida, nótese que en la figura 5.17 el consumo de la bombilla es de 0.09 amperios es muy cercano al 0.1 amperios ideal, puede decirse entonces que ese 0.01 amperios faltante se lo consumen los circuitos conversor cc/cc e inversor cc/ca.

5.4 CIRCUITOS IMPRESOS

Para que los circuitos queden fijos se deben montar en váquelas universales en las cuales se tiene un montaje muy parecido al de la protoboard. En la figura 5.18 y 5.19 pueden verse los circuitos.

Figura 5.18 Convertidor cc/cc reductor montado en vaquela universal.

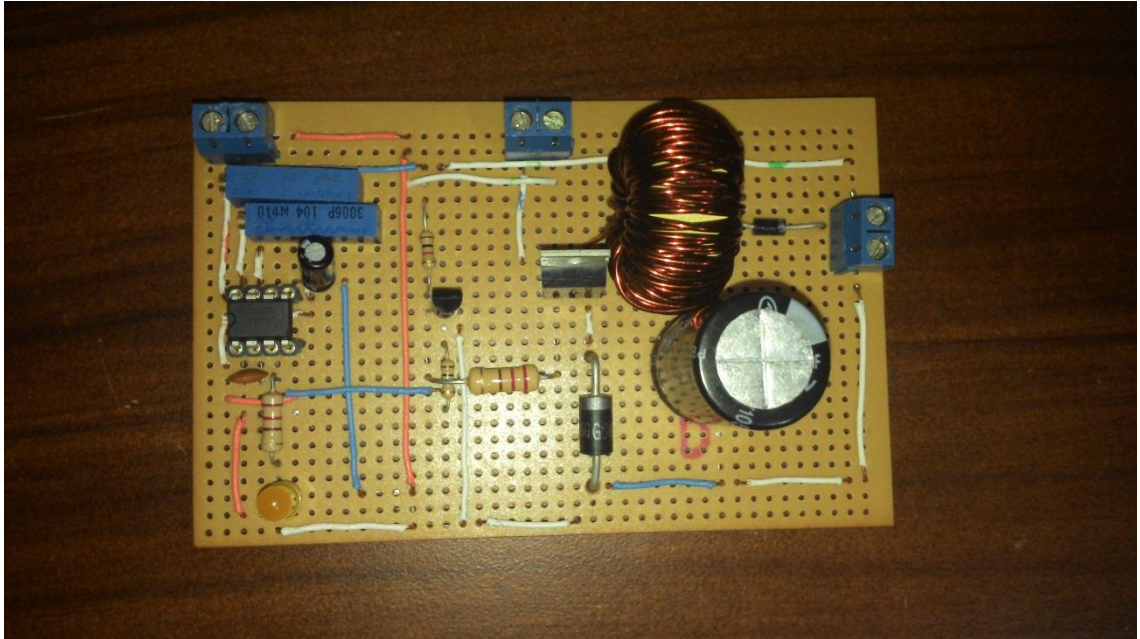
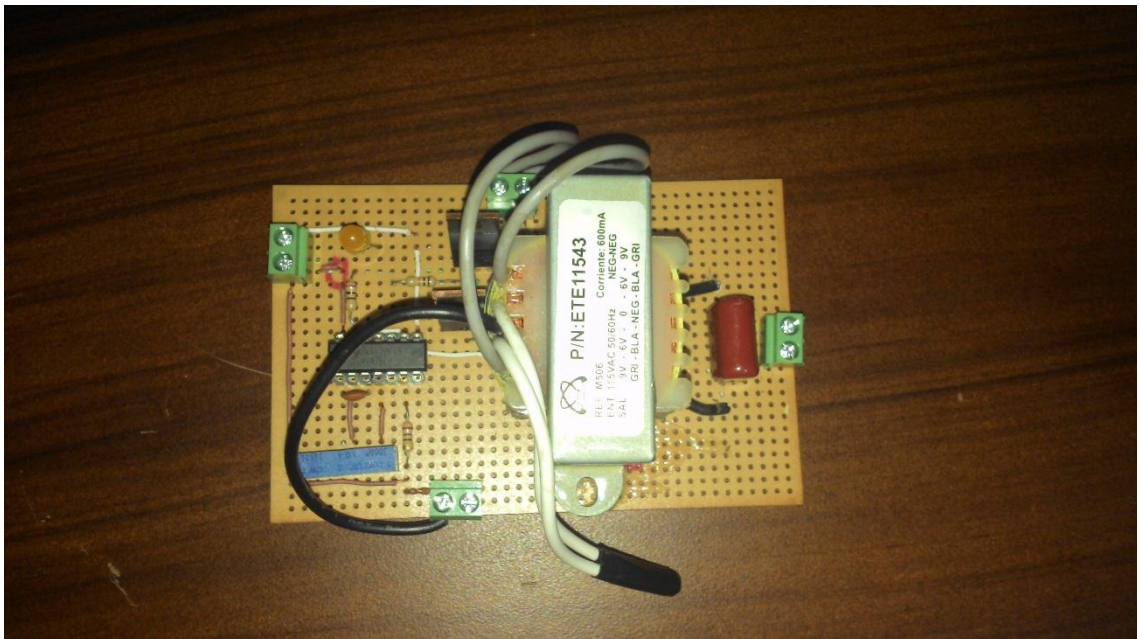


Figura 5.19 inversor cc/ca push pull montado en vaquela universal



Estos circuitos montados en las vaquetas tienen el mismo funcionamiento que en el montaje experimental que se hizo en las protoboard, en la figura 5.20 se muestra la evidencia de esto.

Figura 5.20 Funcionamiento del sistema en las vaquetas universales.



5.5 MONTAJE FINAL EN LA BICICLETA ESTÁTICA

Para que el sistema quedara mas seguro se diseño una caja en acrílico el cual almacena los circuitos y la batería. Se hizo de forma manual razón por la cual no tiene los mejores acabados. Esta se muestra en la figura 5.21

figura 5.21 caja de acrílico que almacena los circuitos.



5.6 AJUSTES FINALES

En esta parte final se adicionaron un interruptor de condillo para cortar la energía que pasa al inversor ya que el transformador tiene un consumo considerable y un fusible de 3 amperios en uno de los terminales de la batería para proteger el sistema contra corto circuitos y cargas excesivas. Para la salida alterna se puso un toma corriente de montaje superficial en el cual se conectan los dispositivos que se quiere alimentar.

5.7 PRESUPUESTO

En la siguiente lista se muestra el presupuesto utilizado para la construcción del sistema implementado, se hace la aclaración de que es solo de los elementos que finalmente funcionaron y están contenido en él.

1. Generador: -----\$ 40.000
Motor eléctrico
Se aclara que este motor se sacó de un electrodoméstico dañado pero su valor comercial es el que se está referenciando.
 - 1.1 Acople mecánico: -----\$7.000
Contiene: Platina soporte, recubrimiento de caucho para fricción, tornillos, tuercas, cauchos para disminuir la vibración.
2. Acumulador eléctrico:-----\$45.000
Batería de moto de referencia YB-6.5L-B (batería de plomo-acido)
3. Circuitos:-----\$114.000
 - 3.1 Circuito conversor cc/cc reductor
Contiene:
 - oscilador NE555-----\$1.000
 - transistor MOSFET IRF740-----\$2.500
 - transistor BJT 2N390 -----\$500
 - capacitor electrolítico 100 μ F 250V-----\$1.800
 - resistencias variables y fijas-----\$3.500
 - diodo propósito general 1N4004-----\$400
 - diodo de conmutación GUR460-----\$3.000
 - capacitores 10nF y 47 μ F-----\$700
 - Toroide-----\$2500
 - alambre de cobre para inductancia-----\$2200
 - protoboard-----\$12.000
 - cable UTP-----\$800

Total:	-----	\$30.900
3.2 Circuito inversor cc/ca push pull		
-oscilador CD4047B	-----	\$1.200
-resistencias fijas y variables	-----	\$2.000
-2 transistores MOSFET IRF740	-----	\$5.000
-transformador tab central a 0.6 amperios	-----	\$12.000
-capacitor poliéster 0.22µF 250V	-----	\$900
-protoboard	-----	\$12.000
-cable UTP	-----	\$800
Total:	-----	\$33.900
3.3 Circuito impreso:	-----	\$10.000
Se hizo el montaje en vaquela universal..		
4. Elemento de medición:	-----	\$75.000
Multímetro digital marca UNI-T UT39		
5. Bicicleta estática:	-----	\$300.000
6. Acrílico caja:	-----	\$50.000
7. Gastos varios:	-----	\$50.000
Gastos de transporte, viáticos, y elementos quemados.		

El gasto total del proyecto fue: -----\$674.000

Se aclara que varios de los elementos que están en este presupuesto ya se tenían antes de empezar a trabajar en él.

Se Hicieron gastos adicionales en los generadores con acoples que no sirvieron y en las topologías y circuitos que no funcionaron bien, se hace un estimado de \$250.000 adicionales al presupuesto final.

CAPITULO 6:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. Es posible construir un sistema de energía que no requiere de la alimentación de las centrales de generación sino que puede generar electricidad por medio del ejercicio físico realizado por una persona que use la bicicleta.
2. Se evidencia la importancia de construir un regulador de voltaje para que la potencia entregada por el generador no salga de los límites seguros para los circuitos que de esta dependen.
3. Se evidencia que el proyecto con unas mejoras puede llegar a ser un sistema de mucha viabilidad al momento de establecer un negocio con ella, tomando como referencia los estudios hechos y dispositivos que fabrica la empresa “The Green Revolution Inc.” referenciados en la introducción del informe.
4. Se concluye que con sistemas como este se puede ahorrar dinero en costos de energía alimentando dispositivos como celulares y tabletas.
5. Aunque el sistema funciona bien con la batería de moto, si se quiere llegar a usar este para un consumo de corriente mayor se debe cambiar por una batería que tenga unas especificaciones mas robustas, realizando investigaciones se llegó a la conclusión de que una de las mejores opciones para esto sería una batería de gel (usadas también en sistemas de alimentación ininterrumpida ”UPS”)la cual permite una descarga mas profunda (entiéndase como descarga profunda o ciclo profundo a la capacidad que tiene una batería para entregar corrientes muy altas sin llegar a ponerse en corto). El uso de las baterías de gel sería óptimo pero estas pueden llegar hasta triplicar el valor de las baterías convencionales que se usan en este.
6. Teniendo como base la evidencia de que el consumo en corriente alterna es tan alto visto desde la batería se puede proponer un diseño adicional en el cual se puedan conectar dispositivos a corriente continua para evitar el alto consumo que genera elevar el voltaje a los valores que podemos encontrar en cualquier toma corriente de una casa.
7. Este sistema tiene un buen funcionamiento pero para futuras mejoras se puede proponer cambiar el control del voltaje en lazo abierto por uno en lazo cerrado el cual puede reaccionar contra perturbaciones y cambios de tensión generados por la carga.

6.2 RECOMENDACIONES

Se deben tener algunas recomendaciones al momento de emprender un proyecto como este, ya que:

1. Se debe tener especial cuidado al momento de escoger el generador ya que debe cumplir tanto especificaciones como de dimensiones.
2. Debe asegurarse que el acople mecánico realizado sea seguro y pueda tener el generador las revoluciones necesarias para que entregue toda la potencia.
3. Realizar pruebas suficientes con el generador solo antes de diseñar los circuitos electrónicos ya que se pueden tener complicaciones con los circuitos si esto no se hace de esta manera.
4. Al momento de diseñar los circuitos es necesario tener un buen simulador con el fin de no hacer las cosas tan empíricamente y así tener seguridad de que el circuito físico se va a comportar de acuerdo a los requerimientos del diseño.
5. Instalar sistemas de seguridad eléctrica tales como fusibles para evitar corto circuitos que pueden dañar los circuitos electrónicos.
6. Cuando se desee realizar los circuitos impresos se debe tener en cuenta las reglas de diseño para no cometer errores ni hacer daños en los circuitos.
7. Al momento de escoger la inductancia se debe tener en cuenta el calibre con el que van a estar hecho el bobinado, para que este si soporte la corriente que va a circular por ella.
8. Se debe conocer bien las especificaciones de los circuitos integrados tanto circuitos osciladores usados en este proyecto como los dispositivos de interrupción y de ser necesario diseñar circuitos de activación para los transistores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Floyd.Tomas L. Fundamentos de sistemas digitales. Ed 9 español. Madrid, España. Prentice Hall 2006. p448
2. Hart. Daniel W. Introduction of Power Electronics. Valparaíso, Indiana, Estados Unidos. Prentice Hall 1997. p201-363
3. Malvino. Albert Paul. Principios de la electrónica. Ed 6 español. Madrid, España. Mc Grow Hill 2000.p505
4. Jessie , CD4047_CMOS_OSCILLATOR. Publicado: 2009-7-22 {21- 10-14}. http://www.seekic.com/circuit_diagram/Signal_Processing/CD4047_CMOS_OS_CILLATOR.html
5. Rashid. Muhammad H. Electrónica de potencia: Circuitos,dispositivos y aplicaciones. Ed 2 español. Naupalcan de Juarez,Mexico. Pretice Hall Hispanoamericana 1995.p 260-402.